

**EFEK *DOPING* Ni TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT OPTIK PADA
NANOCRYSTALLINE FILM TIPIS ZnO YANG DIPREPARASI DENGAN METODE
SOL-GEL SPIN COATING**

Monika Pakabu², Didik Aryanto¹, Paulus Lobo², Eko Juarlin²

¹*Pusat Penelitian Fisika, LIPI*

Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang, Indonesia

²*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Abstrak :

Telah dilakukan penelitian lapisan tipis ZnO *doping* Ni dengan menggunakan metode *sol-gel spin coating*. Uji sifat struktur kristal dan optik dilakukan dengan menggunakan pengujian XRD, UV-Vis, PL, dan SEM. Sol ZnO *doping* Ni disintesis menggunakan *Zinc Acetate Dehydrate* dan *Nickel (II) Acetate Tetrahydrate* sebagai prekursor dengan variasi konsentrasi Ni terhadap ZnO adalah 1%, 3%, 5% dan 7% , ISO Propanol sebagai pelarut, dan *ethanolamine* sebagai penstabil. Sol ZnO :*doping* Ni yang terbentuk dispin diatas substart *corning glass* dengan 3000 rpm. Sampel yang terbentuk diberikan perlakuan *termal annealing* 500°C. Film tipis ZnO *doping* Ni yang terbentuk adalah heksagonal. Nilai ukuran rata-rata kristal 13.68 nm diperoleh pada konsentrasi ZnO *doping* Ni 5%. Hasil transmisi optik dan spektrum photoluminescence menunjukkan semakin besar konsentrasi ZnO *doping* Ni maka nilai *energy gap* (*E_g*) semakin menurun. Hasil foto SEM memperlihatkan morfologi permukaan ZnO *doping* Ni tidak merata, hal tersebut mengidentifikasikan bahwa ZnO *doping* Ni belum homogen.

Kata Kunci : Film tipis ZnO *doping* Ni, Metode *Sol-gel Spin coating*, XRD, UV-Vis, Photoluminescence, SEM.

I. PENDAHULUAN

Zinc Oksida merupakan semikonduktor dengan lebar pita energi 3,37 eV dan energi ikat sebesar 60 meV sehingga memungkinkan penyerapan radiasi UV

secara langsung. Sifat ini memberikan peluang bagi ZnO untuk diaplikasikan sebagai luminisens, diode laser, solar cell, sensor gas, dan rancangan optoelektronika^[1].

Disamping itu, material ZnO dapat dengan mudah didoping dengan unsur lain, salah satunya Nikel Oksida (NiO) sehingga akan didapatkan material baru yang memiliki sifat berbeda. NiO merupakan salah satu oksida dengan lebar pita energy 3,6-4,0 Ev dan tepi penyerapan dekat dengan UV-Visibel^[2]. Hal ini menunjukkan bahwa NiO memiliki sifat fungsional dan menjanjikan untuk digunakan diberbagai aplikasi seperti optoelektronika, elektroda positif dalam baterai, katalis diperangkat penginderaan gas, dll^[2]. Penambahan NiO ke dalam ZnO diyakini dapat meningkatkan konduktivitas listrik dan transparansi lapisan tipis ZnO^[3].

Lapisan tipis ZnO doping NiO dapat dideposisi dengan berbagai metode, seperti metode *sol-gel*^[1,3], metode *spray pyrolysis*^[2,4], metode *solvothral*^[5], dan metode *modified SILAR*^[6]. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu metode *sol-gel spin coating*. *Sol-gel spin coating* merupakan metode untuk membuat lapisan dari bahan polimer yang dideposisikan pada permukaan datar. Metode ini sangat mudah dan efektif digunakan untuk membuat lapisan tipis dengan hanya mengatur waktu, viskositas larutan serta kecepatan putar. Metode *sol-gel spin coating* memiliki beberapa keunggulan diantaranya biaya yang murah, temperatur *annealing* rendah,

komposisi dan struktur mudah dikontrol, komposisinya yang homogen, tidak menggunakan ruang dengan tingkat kevakuman yang tinggi, serta ketebalan lapisan bisa dikontrol^[7]. Dalam menghasilkan struktur lapisan tipis ZnO doping NiO yang baik, tidak terlepas dari berbagai parameter salah satunya komposisi dari NiO sebagai pendoping. Komposisi yang bervariasi secara signifikan akan mempengaruhi kualitas serta struktur Kristal dari material tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Zafaran (2016), dengan membandingkan ZnO tanpa doping dan ZnO yang didoping NiO dengan variasi NiO 1%, 3%, dan 5% menggunakan metode *sol-gel* pada temperatur *annealing* 400°C. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh data ukuran Kristal dari ZnO tanpa doping, dan dengan doping NiO 1%, 3%, 5 % secara berturut-turut yaitu 16,54 nm, 13,82 nm, 12,63 nm, dan 13,03 nm. Data ini menunjukkan bahwa ukuran Kristal menurun dengan meningkatnya kadar NiO sampai 3%. Penelitian serupa dilakukan oleh Siti, dkk (2014) menggunakan metode *sol-gel* pada temperature 500°C dengan variasi doping NiO 0%, 1%, 2%, dan 3%, data ukuran Kristal secara berturut-turut yaitu 42,47, 56,63, 48,54, dan 84,94 nm. Hasil penelitian

tersebut menunjukkan adanya variasi ukuran kristal pada setiap kadar NiO.

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan lapisan tipis ZnO doping NiO dengan komposisi NiO 0%,3%,5% dan 7%

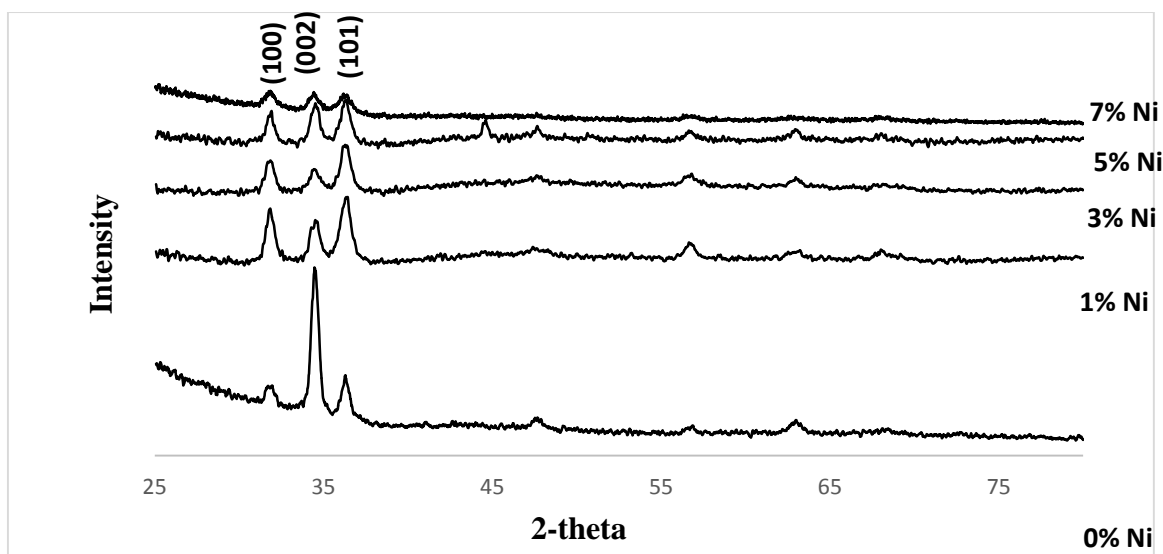
II. EKSPERIMEN

Substrat *corning glass* dibersihkan dalam *ultrasonic bath* menggunakan *ethanol*, aseton dan *DI Water*. Prekursor *Zinc Acetate Dihydrate* ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0,5 M didoping dengan 0%, 3%, 5%, dan 7% *Nickel (II) Acetate Tetrahydrate* ($\text{C}_6\text{H}_6\text{NiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), masing-masing prekursor dilarutkan dalam 20 ml ISO Propanol, dan 0,6 ml *ethanolamine*. Larutan distirrer dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit agar homogen. Setelah larut kemudian temperatur

menggunakan metode *sol-gel spin coating* pada temperatur annealing 500°C untuk melihat pengaruh komposisi terhadap struktur serta ukuran kristal dari lapisan tipis ZnO doping NiO.

dinaikkan pada 60°C sampai larutan berbentuk gel. Larutan yang berbentuk gel kemudian dispin diatas substrat *corning glass* menggunakan *spin coater* dengan kecepatan putar 2500 rpm. Sampel kemudian dikeringkan pada temperatur 300°C kemudian di *annealing* pada temperature 500°C . Sampel yang telah siap kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, UV-Vis, Photoluminescence, dan FESEM.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar III.1 Pola XRD lapisan tipis ZnO sebelum dan sesudah didoping NiO

Gambar III. 1 merupakan pola XRD dari lapisan tipis ZnO sebelum didoping dan setelah didoping NiO. Semua sampel menunjukkan puncak difraksi tertinggi berada pada bidang (100),(002), dan (101) yang mengidentifikasi puncak ZnO dan merupakan orientasi poli Kristal dengan struktur heksagonal berdasarkan file standar JCPDS. Lapisan tipis ZnO tanpa doping lebih condong tumbuh dengan baik pada bidang (002) seperti yang terlihat pada gambar III.1. Lapisan tipis ZnO yang telah didoping NiO memiliki puncak tertinggi pada bidang (101). Selain itu,dari gambar dapat pula dilihat

bahwa semakin besar komposisi NiO yang diberikan maka puncaknya akan semakin kecil. Ukuran kristal sebelum dan sesudah didoping dapat dihitung dengan rumus Scherrer ^[1,2] :

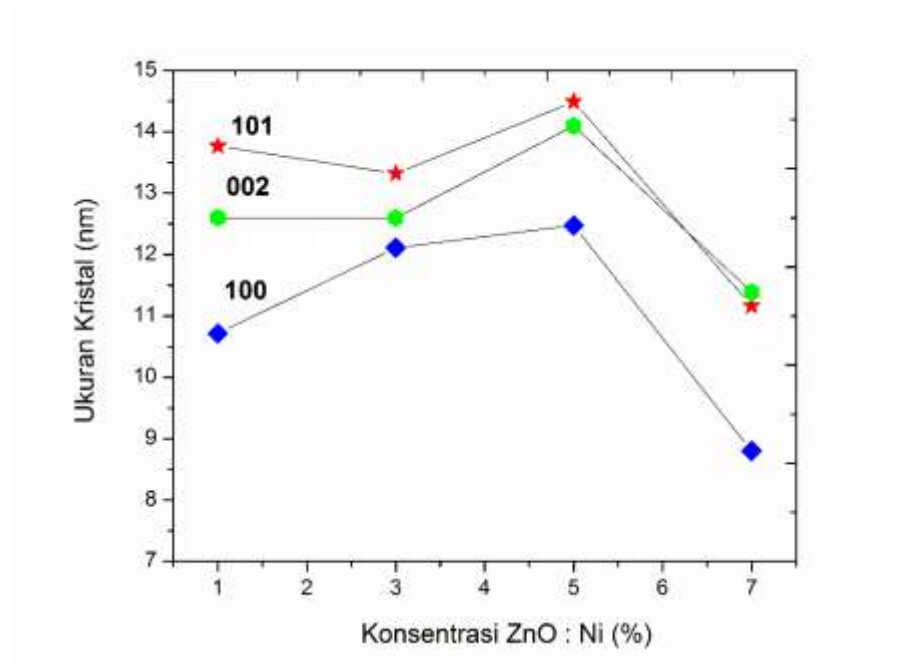
$$D = \frac{0.9 \lambda}{\beta \cos \theta}$$

Dimana λ adalah panjang gelombang XRD yaitu 1.54 Å, θ adalah sudut difraksi, dan β adalah FWHM dari θ . Ukuran kristal pada lapisan tipis ZnO dengan doping 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% dari NiO dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel III.1 Perhitungan Parameter kristal lapisan tipis ZnO : NiO pada bidang 101

ZnO : NiO (%)	2θ	FWHM (deg)	D (nm)	β	ρ	Tegangan
0	36.22	0.46	18.17032422	0.00613719	0.003380719	-1.42997
1	36.24	0.67	12.47586028	0.008933673	0.007171326	-2.08155
3	36.16	0.65	12.85679885	0.008687511	0.006752283	-2.02419
5	36.22	0.62	13.48120829	0.008271865	0.006141533	-1.92734
7	36.26	0.68	12.29309404	0.009061661	0.007386252	-2.11137

Tabel III.1 menunjukkan ukuran kristal ZnO sebelum dan setelah didoping NiO.

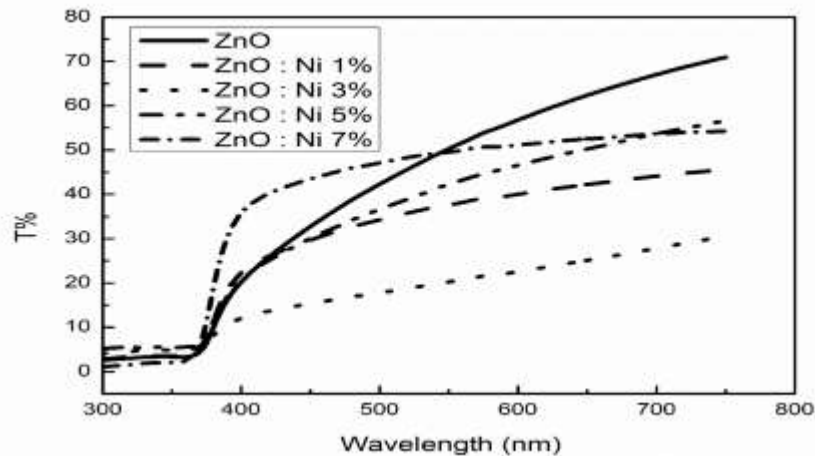


Gambar III.2 Pengaruh konsentrasi terhadap ukuran

Dalam penelitian ini, secara keseluruhan terlihat bahwa nilai ukuran kristal film tipis ZnO : Ni meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi yang diberikan, meskipun terjadi anomali pada beberapa puncak misalnya pada ZnO : Ni 7%. Kelainan ini terjadi diduga disebabkan karena semakin meningkatnya konsentrasi pendoping yang ditambahkan. Meningkatnya ukuran kristal ini kemungkinan disebabkan karena semakin mengecilnya ukuran partikel

pada setiap konsentrasi ZnO. Suatu partikel yang memiliki ukuran partikel yang semakin kecil memiliki tingkat keteraturan yang semakin baik. Hal ini memudahkan partikel tersebut dalam pembentukan kristal.

Berdasarkan hasil uji Uv-Vis, dapat diketahui nilai transmitansi lapisan tipis ZnO sebelum dan setelah didoping pada berbagai panjang gelombang seperti pada gambar dibawah ini.

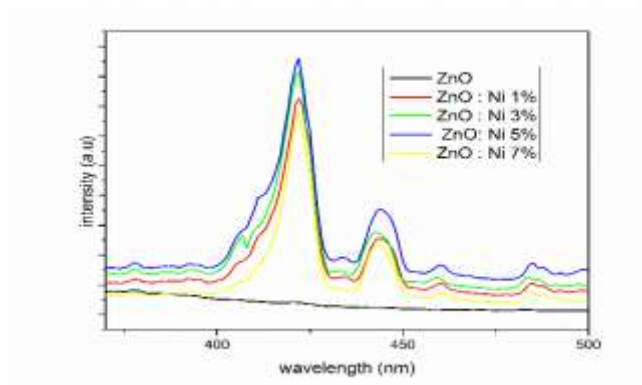


Gambar III.3 Pola Transmitansi ZnO sebelum dan setelah didoping NiO

Seperti yang terlihat pada gambar 4.3 tampak bahwa nilai transmitansi film tipis ZnO sebelum dan setelah didoping berkisar antara 25%-75% untuk kisaran panjang gelombang 300-750 nm. Berdasarkan data *spectrum peak pick report*, nilai tranmitansi pada lapisan tipis ZnO tanpa doping dan dengan doping Ni 1%, 3%, 5%, dan 7% secara berturut-turut yaitu 53.438 % , 73.231 % , 60.953 % , 67. 180 % , dan 54.191 % . Dari data tersebut terlihat bahwa pendopongan dengan Ni berpengaruh terhadap lapisan tipis ZnO dimana setelah didoping maka

transmitansi ZnO semakin meningkat. Nilai transmitansi paling optimal diperoleh pada konsentrasi ZnO : Ni 1% artinya semakin sedikit pendoping yang diberikan maka tranmitansi akan semakin tinggi. Adapun perbedaan ini selain disebabkan karena pengaruh konsentrasi ZnO: Ni kemungkinan besar disebabkan juga oleh perbedaan pada ketebalan film yang diakibatkan dari proses pelapisan yang tidak merata.

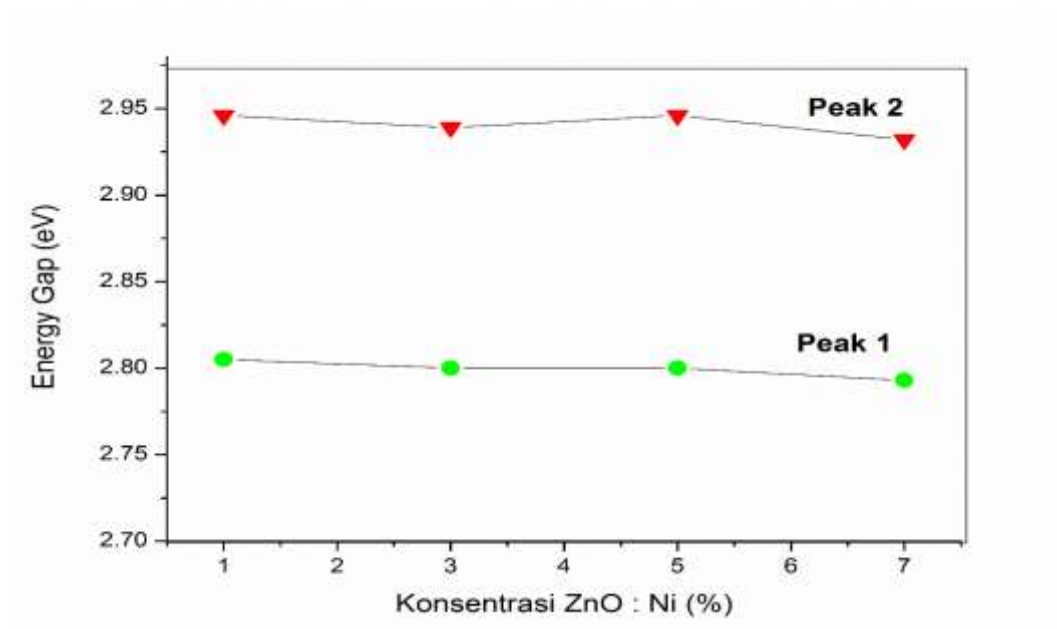
Sifat optik ZnO : Ni dapat juga dilihat dengan menggunakan alat uji spektrum Photoluminescence.



Gambar III.4 Spektrum Photoluminescence Film Tipis ZnO : Ni

Spektrum emisi photoluminescence ZnO : Ni ditunjukkan pada gambar III.4. Dari gambar terlihat bahwa semakin bertambah doping konsentrasi ZnO: Ni maka intensitas akan semakin tinggi. Adapun intensitas tertinggi diperoleh pada ZnO : Ni 5%, dan

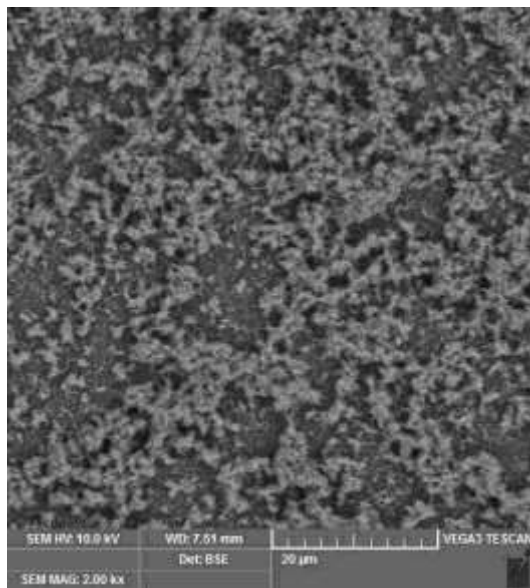
pada ZnO : Ni 7% terjadi penurunan intensitas. Hal ini disebabkan karena adanya cacat kristal dan kemungkinan dalam proses pendopingan, ada batasan massa pendoping tertentu untuk menghasilkan intensitas yang tinggi.



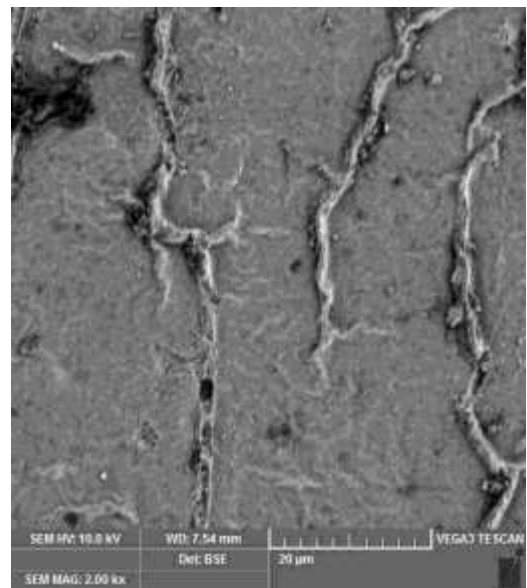
Gambar III.5 Grafik Pengaruh konsentrasi terhadap Nilai Eg

Dari gambar III.5 diketahui bahwa energi gap semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi doping. Adapun dari data menunjukkan energi gap terbesar pada konsentrasi ZnO : Ni 5%. Pada konsentrasi ZnO : Ni 7% energi gap berkurang

kemungkinan disebabkan karena adanya kekosongan dan cacat kristal. Hasil uji morfologi *film* tipis ZnO *doping* Ni menggunakan SEM dapat dilihat pada gambar 4.8.



(a)



(b)

Gambar 4.8 (a) Citra SEM ZnO *doping* Ni 5%, (b) Citra SEM ZnO *doping* Ni 7%

IV. KESIMPULAN

Film tipis ZnO : Ni telah dideposisi dengan metode *sol-gel spin coating* di atas *corning glass* dengan konsentrasi yang bervariasi ZnO : Ni 1%, ZnO : Ni 3%, ZnO : Ni 5%, ZnO : Ni 7%. Hasil XRD menunjukkan bahwa konsentrasi doping mempengaruhi struktur film tipis ZnO : Ni. Hasil UV-Vis

dan Photoluminescence menunjukkan semakin besar konsentrasi yang diberikan maka nilai *Energy Gap* semakin menurun kecuali pada konsentrasi tertentu yang mengalami anomaly. Selain itu hasil SEM menunjukkan morfologi permukaan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fattah, Zafaran Abdul. 2016. *Sinthesis and characterization of Nickel doped Zinc Oxide Nanoparticles by sol-gel method*. International journal of Engineering Sciences and Research Technology (2013) 2277-9655.
2. Ratnesh Sharma, A.D. Achary, S.B. Shrivastava, Manju Mishra Patidar, Mohan Gangrade, T. Shripathi, V. Ganesan. 2015. *Studies on the structure optical and electrical properties of Zn-doped NiO thin films grown by spray pyrolysis*. India.
3. Siti Hajar Basri, Mohd Arif Mohd Sarji, Wan Haliza Abd Majid. 2014. *Structural and Optical Properties of Nickel-doped and Undoped Zinc Oxide Thin Films Deposited by sol-gel method*. Malaysia : Low Dimensional Materials Research Centre, Physics Department, University of Malaya.
4. D. Guruvammal, S. Selvaraj, S.M. Sundar. 2016. *Effect of Ni-doping on the structural, optical and magnetic properties of ZnO nanoparticles by solvothermal method*. Journal of Alloys and Compounds.
5. M. Karunakaran, R. Chandramohan, S. Balamurali, S. Gomathi, K. Kabila, T. Mahalingam. 2014. *Structural and Optical Prosperities of Nickel Doped Zinc Oxide Thin Films Grown by Low Cost Modified SILAR Method*. International Journal of Thin Films Science and Technology 2 (2014) 61-65.
6. Dwi Arista, Nandang Mufti, Abdulloh Fuad. 2015. *Pengaruh Ketebalan Lapisan Terhadap Karakteristik Thin Film pada Substrat Kaca*. Malang : Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang.
7. Syuhada, Nurnadiyah. 2014. *Pengaruh Doping Nitrogen terhadap Karakteristik Sifat Optik dan Struktur Kristal Zno dengan Metode Sol-gel Spin Coating*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
8. Astuti, Santi Yuli. 2011. *Struktur dan Sifat Listrik Film Tipis CdTe:Cu Yang Ditumbuhkan dengan Metode DC Magnetron Sputtering*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
9. Sitanggang, H.M. 2010. *Kajian Teorik Analisis Pita Energi Semikonduktor Si dan Ge dengan Pengotor In*. Seminar Nasional Fisika.
10. Michael R. Hoffmann, Scot T. Martin, Wonyong Choi, Detlef W. Bahnemann. 1995. *Enviromental Aplications of Semiconductor Photocatalysis*. Chem. Rev. 69-96.

11. Charles Kittel. 2005. *Introduction to Solid State Physics*. Eight Edition. Berkeley : University of California.
12. Wibowo, Heri Susanto Singgih. 2015. *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania*. Semarang : Universitas Diponegoro.
13. Samuel M Soosen, Bose Leleshmi, KC George. 2009. *Optical Properties of ZnO Nanoparticles*. Academy review 1 (2009) 57-65.
14. Fridawati, Mika. 2008. *Analisa Struktur Kristal dari Lapisan Tipis Dengan Metode Difraksi Sinar-X (Skripsi)*. Yogyakarta: Univertas Sanata Dharma.
15. W. Kusnanto Mukti. 2013. *Analisis Spektroskopi Penentuan Konsentrasi Permanganat (KMnO₄)*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
16. Lawrence, H. 1998. *Cathodoluminescence, Photoluminescence and Optical Absorbance Spectroscopy of Aluminium Gallium Nitride Films*. Jurnal Mater.9 (1998) Vol. 13.
17. Dermot Gorman. 2001. *Photoluminescence and Excitation Studies of Semiconductors*. School of Physical Sciences Dublin City University.
18. Fiolida, Intan Agnes Singyu. 2016. *Preparasi dan Karakterisasi Komposit CuO-Zeolit Alam untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B dengan Teknik Sinar Ultraviolet*. Yogyakarta : FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.